

Docket No. 10493.003.00

## IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In Re Application Of: Jun KUSUI et al.

Application No: New Application

Filed: Herewith

Title: ALUMINUM-BASED NEUTRON ABSORBER AND METHOD FOR PRODUCTION THEREOF

## CLAIM FOR PRIORITY

Commissioner for Patents

P.O. Box 1450

Alexandria, VA 22313-1450

SIR:

Full benefit of the filing date of PCT Application Serial Number PCT/JP2004/006438, filed May 13, 2004, is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §120.

Full benefit of the filing date of U.S. Provisional Application Serial Number , filed , is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119(e).

Applicants claim any right to priority from any earlier filed applications to which they may be entitled pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119, as noted below.

In the matter of the above-identified application for patent, notice is hereby given that the applicants claim as priority:

COUNTRY	APPLICATION NUMBER	MONTH/DAY/YEAR
Japan	2003-134828	May 13, 2003

Certified copies of the corresponding Convention Application(s)

<input type="checkbox"/>	are submitted herewith
<input type="checkbox"/>	will be submitted prior to payment of the Final Fee
<input type="checkbox"/>	were filed in prior application Serial No. filed
<input type="checkbox"/>	were submitted to the International Bureau in PCT Application Number. Receipt of the certified copies by the International Bureau in a timely manner under PCT Rule 17.1(a) has been acknowledged as evidenced by the attached PCT/IB/304.
<input type="checkbox"/>	(A) Application Serial No.(s) were filed in prior application Serial No. filed ; and
	(B) Application Serial No.(s)
<input type="checkbox"/>	are submitted herewith
<input type="checkbox"/>	Will be submitted prior to payment of the Final Fee

Date: November 14, 2005	Respectfully Submitted, <i>Chad C. Anderson</i>
MCKENNA LONG & ALDRIDGE LLP 1900 K Street, N.W. Washington, D.C. 20006 Tel. (202) 496-7500 Fax. (202) 496-7756	Chad C. Anderson Registration No.: 44,505

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

PCT/JP2004/006438

14.5.2004

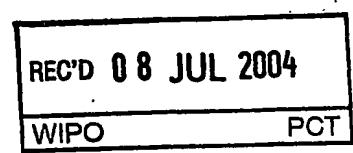
別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて  
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed  
with this Office.

出願年月日  
Date of Application: 2003年 5月13日

出願番号  
Application Number: 特願2003-134828

[ST. 10/C]: [JP2003-134828]



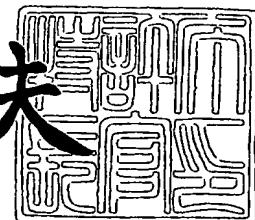
出願人  
Applicant(s): 日本軽金属株式会社  
東洋アルミニウム株式会社  
日立造船株式会社

PRIORITY DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

2004年 6月21日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今井康夫



【書類名】 特許願  
【整理番号】 P-012065  
【提出日】 平成15年 5月13日  
【あて先】 特許庁長官 太田 信一郎 殿  
【国際特許分類】 C22C 1/10  
C22C 21/00  
C22C 29/00

## 【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市中央区久太郎町三丁目 6番8号 東洋アルミニウム株式会社内

【氏名】 楠井 潤

## 【発明者】

【住所又は居所】 静岡県庵原郡蒲原町蒲原 1-34-1 日本軽金属株式会社グループ技術センター内

【氏名】 石井 秀樹

## 【発明者】

【住所又は居所】 静岡県庵原郡蒲原町蒲原 1-34-1 日本軽金属株式会社グループ技術センター内

【氏名】 岡庭 茂

## 【発明者】

【住所又は居所】 東京都品川区東品川二丁目 2番20号 日本軽金属株式会社内

【氏名】 井上 厚

## 【発明者】

【住所又は居所】 東京都品川区東品川二丁目 2番20号 日本軽金属株式会社内

【氏名】 近藤 琢年

**【特許出願人】**

【識別番号】 000004743

【氏名又は名称】 日本軽金属株式会社

**【特許出願人】**

【識別番号】 399054321

【氏名又は名称】 東洋アルミニウム株式会社

**【特許出願人】**

【識別番号】 000005119

【氏名又は名称】 日立造船株式会社

**【代理人】**

【識別番号】 100096644

**【弁理士】**

【氏名又は名称】 中本 菊彦

**【手数料の表示】**

【予納台帳番号】 003403

【納付金額】 21,000円

**【提出物件の目録】**

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 中性子吸收材用アルミニウム成形体及びその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項1】 99重量%以上の純度を持つ純アルミニウム粉末と、ホウ素量で20重量%以上40重量%以下のホウ素又はホウ素化合物粉末を混合してなる固化成形心材の外表面に、アルミニウム又はアルミニウム合金製表層部を形成してなることを特徴とする中性子吸收材用アルミニウム成形体。

【請求項2】 請求項1記載の中性子吸收材用アルミニウム成形体において

上記純アルミニウム粉末の平均粒径が、 $1\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $500\text{ }\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする中性子吸收材用アルミニウム成形体。

【請求項3】 請求項1記載の中性子吸收材用アルミニウム成形体において

上記ホウ素化合物粉末が炭化ホウ素化合物粉末であって、該粉末の平均粒径が $1\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $20\text{ }\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする中性子吸收材用アルミニウム成形体。

【請求項4】 請求項1記載の中性子吸收用アルミニウム成形体において、上記純アルミニウム粉末の平均粒径が、 $20\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $30\text{ }\mu\text{m}$ 以下であり、上記ホウ素化合物粉末が炭化ホウ素化合物粉末であって、該粉末の平均粒径が $5\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $10\text{ }\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする中性子吸收材用アルミニウム成形体。

【請求項5】 99重量%以上の純度を持つ純アルミニウム粉末と、ホウ素量で20重量%以上40重量%以下のホウ素又はホウ素化合物粉末を混合する工程と、

混合した粉末をアルミニウム又はアルミニウム合金製容器に注入し、ガス抜きして押出予形材を製造する工程と、

上記押出予形材を押し出し加工する工程と、  
を有することを特徴とする中性子吸收材用アルミニウム成形体の製造方法。

【請求項6】 99重量%以上の純度を持つ純アルミニウム粉末と、ホウ素

量で20重量%以上40重量%以下のホウ素又はホウ素化合物粉末を混合する工程と、

混合した粉末をアルミニウム又はアルミニウム合金製容器に注入し、ガス抜きして押出予形材を製造する工程と、

上記押出予形材を押し出し加工する工程と、

押出成形された成形体に、熱間又は冷間圧延加工を行う工程と、  
を有することを特徴とする中性子吸収材用アルミニウム成形体の製造方法。

**【請求項7】** 請求項5又は6記載の中性子吸収材用アルミニウム成形体の  
製造方法において、

上記純アルミニウム粉末の平均粒径が、 $1\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $500\text{ }\mu\text{m}$ 以下であることを  
を特徴とする中性子吸収材用アルミニウム成形体の製造方法。

**【請求項8】** 請求項5又は6記載の中性子吸収材用アルミニウム成形体の  
製造方法において、

上記ホウ素化合物粉末が炭化ホウ素化合物粉末であって、該粉末の平均粒径が  
 $1\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $20\text{ }\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする中性子吸収材用アルミニウム成  
形体の製造方法。

**【請求項9】** 請求項5又は6記載の中性子吸収材用アルミニウム成形体の  
製造方法において、

上記純アルミニウム粉末の平均粒径が、 $20\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $30\text{ }\mu\text{m}$ 以下であり、上  
記ホウ素化合物粉末が炭化ホウ素化合物粉末であって、該粉末の平均粒径が $5\text{ }\mu$   
 $m$ 以上 $10\text{ }\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする中性子吸収材用アルミニウム成形体  
の製造方法。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

##### 【発明の属する技術分野】

この発明は、中性子吸収材用アルミニウム成形体及びその製造方法に関するものである。

##### 【0002】

##### 【従来の技術】

従来、中性子線を吸収するために「ボラル板」と称する、アルミニウム板二枚の真ん中にサンドイッチ状にホウ素（B）化合物（通常は炭化ホウ素（B<sub>4</sub>C））を多量に挟み込んだ板状の成形体が使用されていた。これは、核燃料を多数本収納する容器（キャスク）中で、核燃料を支える「バスケット」と称する構造体が通常ステンレスなどの角パイプにて形成されているが、核燃料から発生する高速又は熱中性子が隣の核燃料に到達して臨界が起こらない程度に吸収させる必要があり、ステンレスの構造体の周囲に貼り付ける形で用いられていた。

#### 【0003】

また、別の中性子吸収用成形体として、アルミニウム粉末とホウ素化合物粉末を混合して予備成形体を形成し、予備成形体を押し出し加工によって成形される中性子吸収用アルミニウム成形体が知られている（例えば、特許文献1参照）。

#### 【0004】

##### 【特許文献1】

特開2002-22880（特許請求の範囲、段落番号0024, 0026, 0029~0032, 0037~0041、図2）

#### 【0005】

##### 【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、前者すなわち上記「ボラル板」は、板の間にホウ素化合物を挟み込んだだけであるため、ホウ素化合物の分散が均一でない場合もあるということが古くから指摘されてきた（W.R.Burrus : Nucleonics, 16 (1958)）。また、中性子を吸収する際には、放熱性も要求されるが、「ボラル板」はホウ素化合物の部分と、ホウ素化合物とアルミニウム板の接合部において、熱伝導性が悪いために、放熱性が低かった。

#### 【0006】

また、後者すなわち特開2002-22880に記載された成形体においては、上記「ボラル板」に比べてアルミニウムとホウ素化合物との分散を均一にすることができるが、ホウ素化合物は、ダイヤモンド、CBN（Cubic Boron Nitride）に次ぐ硬さを有するため、これにおいてもアルミニウムとの密着性が悪く、放熱性が低いという問題があった。しかも、特開2002-

22880に記載された成形体においては、表面にホウ素化合物が露出するため、押出成形性が悪い上、押出ダイスが摩耗したり、押出ダイスに混合粉末が付着するなどの問題があった。また、押出時に表面割れ（テアリング）が起こる虞があると共に、成形体が脆くなる上、溶接性が悪いという問題もあった。

#### 【0007】

更には、成形体を得るために、以下のような多くの工程が必要である。すなわち、まず、アルミニウム粉末とホウ素化合物粉末等を混合し、冷間静水圧成形法（CIP）によって予備成形体を成形する。この予備成形体をアルミニウム製の缶に真空封入すると共に、缶内のガス成分及び水分を除去した後、熱間静水圧成形法（HIP）により再成形する。次いで、缶を除去するために機械加工により外削、端面削を施し、熱間押出して成形体を得る。また、押出成形後、引張矯正を施して成形品を得る。したがって、生産性が悪い上、設備やコストが嵩むという問題がある。

#### 【0008】

この発明は、上記事情に鑑みてなされたもので、中性子吸収能力を有するホウ素又はホウ素化合物とアルミニウムとの密着が良好で、かつ放熱性に優れた中性子吸収用アルミニウム成形体と、該成形体を少ない工程で生産可能な製造方法を提供することを目的とするものである。

#### 【0009】

##### 【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するために、請求項1記載の中性子吸収用アルミニウム成形体は、99重量%以上の純度を持つ純アルミニウム粉末と、ホウ素量で20重量%以上40重量%以下のホウ素又はホウ素化合物粉末を混合してなる固化成形心材の外表面に、アルミニウム又はアルミニウム合金製表層部を形成してなることを特徴とする。

#### 【0010】

この発明の中性子吸収材用アルミニウム成形体において、上記純アルミニウム粉末の平均粒径が、 $1\mu\text{m}$ 以上 $500\mu\text{m}$ 以下である方が好ましい（請求項2）。また、上記ホウ素化合物粉末は炭化ホウ素化合物粉末例えは炭化ホウ素（B4

C) である方が好ましく、該粉末の平均粒径が、 $1\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $20\text{ }\mu\text{m}$ 以下である方が好ましい（請求項3）。

#### 【0011】

請求項4記載の発明は、請求項1記載の中性子吸収用アルミニウム成形体において、上記純アルミニウム粉末の平均粒径が、 $20\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $30\text{ }\mu\text{m}$ 以下であり、上記ホウ素化合物粉末が炭化ホウ素化合物粉末であって、該粉末の平均粒径が $5\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $10\text{ }\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする。

#### 【0012】

また、請求項5記載の中性子吸収用アルミニウム成形体の製造方法は、99重量%以上の純度を持つ純アルミニウム粉末と、ホウ素量で20重量%以上40重量%以下のホウ素又はホウ素化合物粉末を混合する工程と、混合した粉末をアルミニウム又はアルミニウム合金製容器に注入し、ガス抜きして押出予形材を製造する工程と、上記押出予形材を押し出し加工する工程と、を有することを特徴とする。

#### 【0013】

請求項6記載の発明は、99重量%以上の純度を持つ純アルミニウム粉末と、ホウ素量で20重量%以上40重量%以下のホウ素又はホウ素化合物粉末を混合する工程と、混合した粉末をアルミニウム又はアルミニウム合金製容器に注入し、ガス抜きして押出予形材を製造する工程と、上記押出予形材を押し出し加工する工程と、押出成形された成形体に、熱間又は冷間圧延加工を行う工程と、を有することを特徴とする。

#### 【0014】

この発明の中性子吸収材用アルミニウム成形体の製造方法において、上記純アルミニウム粉末の平均粒径が、 $1\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $500\text{ }\mu\text{m}$ 以下である方が好ましい（請求項7）。また、上記ホウ素化合物粉末は炭化ホウ素化合物粉末例えば炭化ホウ素（B<sub>4</sub>C）である方が好ましく、該粉末の平均粒径が $1\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $20\text{ }\mu\text{m}$ 以下である方が好ましい（請求項8）。

#### 【0015】

請求項9記載の発明は、請求項5記載の中性子吸収用アルミニウム成形体の製

造方法において、上記純アルミニウム粉末の平均粒径が、 $20\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $30\text{ }\mu\text{m}$ 以下であり、上記ホウ素化合物粉末が炭化ホウ素化合物粉末であって、該粉末の平均粒径が $5\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $10\text{ }\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする。

### 【0016】

この発明の中性子吸収材用アルミニウム成形体によれば、99重量%以上の純度を持つ純アルミニウム粉末と、ホウ素量で20重量%以上40重量%以下のホウ素又はホウ素化合物粉末を混合することにより、ホウ素又はホウ素化合物粉末を全体に均一に分散できる。したがって、中性子吸収能力の高い成形体を得ることができる。また、純アルミニウム粉末とホウ素又はホウ素化合物粉末を混合してなる固化成形心材の外表面に、アルミニウム又はアルミニウム合金製表層部を形成することにより、表層部に熱伝導性に優れたアルミニウム又はアルミニウム合金を被覆することができる。したがって、熱伝導性の向上が図れる。しかも、内部の固化成形心材も表層部もアルミニウムからなるため、内部（固化成形心材）と表層部の接合部での熱伝導性の低下を防止することができる。したがって、放熱性に優れた中性子吸収材用アルミニウム成形体を得ることができる。また、溶接性の向上が図れる。

### 【0017】

また、この発明の中性子吸収材用アルミニウム成形体の製造方法によれば、99重量%以上の純度を持つ純アルミニウム粉末と、ホウ素量で20重量%以上40重量%以下のホウ素又はホウ素化合物粉末を混合した後、混合した粉末をアルミニウム又はアルミニウム合金製容器に注入し、ガス抜きして押出予形材を製造することにより、硬度の高いホウ素又はホウ素化合物の粉末（粒子）をアルミニウム又はアルミニウム合金製容器で被覆した状態で加熱・押出コンテナに挿入することができる。したがって、ハンドリング搬送が容易となる。また、硬度の高いホウ素又はホウ素化合物の粉末（粒子）をアルミニウム又はアルミニウム合金製容器で被覆押出予形材を押し出し加工することにより、押出ダイスの摩耗を防止することができると共に、押出ダイスに直接混合粉末が付着するがない。しかも、押出成形によって内部の混合粉末（押出成形後は、固化成形心材となる）と表層部とを十分に接合することができる。したがって、密着性の向上が図れ

ると共に、放熱性の向上が図れる。

#### 【0018】

請求項6記載の発明によれば、押出成形された成形体に、熱間又は冷間圧延加工を行う場合においても、表層部がアルミニウム又はアルミニウム合金で被覆されているので、圧延が容易となり、圧延ロールに傷が付き難い。しかも、圧延の際に、割れが生じることがなく、圧延後の成形体は脆くなることはなく、ハンドリング搬送が容易となる。

#### 【0019】

加えて、請求項4、9記載の発明によれば、純アルミニウム粉末の平均粒径を、 $20\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $30\text{ }\mu\text{m}$ 以下とし、ホウ素化合物粉末（炭化ホウ素化合物粉末）の平均粒径を $5\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $10\text{ }\mu\text{m}$ 以下とすることにより、純アルミニウム粉末の平均粒径と、ホウ素化合物粉末（炭化ホウ素化合物粉末）の平均粒径との差を少なくすることができるので、更にホウ素化合物粉末（炭化ホウ素化合物粉末）を全体に均一に分散することができ、更に密着性及び放熱性に優れた中性子吸収用アルミニウム成形体を得ることができる。

#### 【0020】

##### 【発明の実施の形態】

以下に、この発明の中性子吸収材用アルミニウム成形体（以下に、単に成形体という）及びその製造方法について、添付図面を参照して詳細に説明する。ここでは、成形体を、核燃料を多数本収納する容器（キャスク）中の、核燃料を支える構造体（バスケット）〔通常ステンレスなどの角パイプにて形成される〕の周囲に貼り付けられる成形体に適用する場合について説明する。

#### 【0021】

上記成形体は、図1に示すように、矩形板状に形成されており、99重量%以上の純度を持つ純アルミニウム粉末と、ホウ素量で20重量%以上40重量%以下のホウ素（B）又はホウ素（B）化合物粉末を混合してなる固化成形心材1の外表面に、アルミニウム又はアルミニウム合金製表層部2を形成した構造となっている。

#### 【0022】

以下に、成形体の組成について詳細に説明する。

### 【0023】

#### (1) 純アルミニウム粉末

上記成形体に用いられる純アルミニウム粉末は工業的に生産されている純アルミニウム粉末(99.0重量%以上、残部は基本的に不可避不純物元素からなる)である。好ましい純度は、99.5重量%以上(通常市販の純アルミニウム粉末は、99.7重量%以上)である。アルミニウム合金粉末、例えばA6061(A1-Mg-Si合金)やA5052組成(A1-Mg合金)を用いた場合、これらの熱間押出時の変形抵抗が大きく、本発明のような硬度の高いホウ素又はホウ素化合物粉末を高濃度に含む混合粉末を押出すことは非常に困難である。したがって、99重量%以上の純度を持つ純アルミニウム粉末を用いることによって、アルミニウム合金粉末の場合に比べて混合粉末自体の押出抵抗が低くなり、B又はB化合物の混合比が高くても押出が容易となる。また、純アルミニウム粉末は、アルミニウム合金粉末の場合に比べて原料コストの面でも有利である。

### 【0024】

上記純アルミニウム粉末の平均粒径は特に限定されるものではないが、(レーザー回折式粒度分布測定法による)平均粒径は、 $1\text{ }\mu\text{m}$ 以上とすることができます。その理由は、 $500\text{ }\mu\text{m}$ より大きいと、後述するように平均粒径を大きくできないB化合物の平均粒径との均一混合が困難となるからである。また、平均粒径が $1\text{ }\mu\text{m}$ より小さいと、これら微細アルミニウム粉末同士で凝集が起こり易くなり、ホウ素又はホウ素化合物粉末との均一混合が非常に困難になるからである。

### 【0025】

純アルミニウム粉末の平均粒径の好ましい範囲は、 $355\text{ }\mu\text{m}$ 以下(42メッシュ以下)、更に好ましくは、 $150\text{ }\mu\text{m}$ 以下(100メッシュ以下)がよく、後述するB又はB化合物粉末の平均粒径との均衡を考慮した場合には、平均粒径が $20\text{ }\mu\text{m} \sim 30\text{ }\mu\text{m}$ とする方が更に好ましい。純アルミニウム粉末とB又はB化合物粉末の平均粒径の差を少なくすることにより、B又はB化合物粉末を均一に分散することができるからである。

### 【0026】

かかる範囲内の平均粒径とすることにより、一層優れた加工性、成形性、機械的特性を得ることができる。なお、純アルミニウム粉末の形状は、例えば、涙滴状、真球状、回転楕円体状、フレーク状又は不定形状等いずれであっても差し支えない。

### 【0027】

#### (2) 純アルミニウム粉末の製造方法

上記純アルミニウム粉末の製造方法は限定されず、公知の金属粉末の製造方法に従って製造することもできる。その製造方法は例えば、アトマイズ法、メルトスピニング法、回転円盤法、回転電極法、その他の急冷凝固法等が挙げられるが工業的生産にはアトマイズ法、特にガスアトマイズ法が好ましい。すなわち、溶湯をアトマイズすることにより粉末を製造することが望ましい。

### 【0028】

上記溶湯を通常700～1200℃に加熱してアトマイズすることが好ましい。この温度範囲に設定することにより、より効果的なアトマイズを実施することができる。

### 【0029】

アトマイズ時の噴霧媒・雰囲気は、空気、窒素、アルゴン、ヘリウム、二酸化炭素、水等あるいはそれらの混合であってもよいが、噴霧媒は、経済的観点から、空気、窒素ガスまたはアルゴンガスによるのが好ましい。

### 【0030】

#### (3) B又はB化合物粉末

上記成形体に、B量で20重量%以上40重量%以下のB又はB化合物粉末を含有させた理由は、20重量%より少ないと、十分な中性子吸収能力が得られないためである。十分な中性子吸収能力を得るためにには、成形体の板厚を厚くしなければならなくなり、限られたスペース内に成形体を収納することができなくなるばかりか、材料が嵩むという問題がある。また、40重量%より多いと、押出時の変形抵抗が高く、押し出し難い上、成形体が脆くなつて、折れやすくなるという問題があるからである。

### 【0031】

上記B化合物としては、例えば、B<sub>4</sub>C、TiB<sub>2</sub>、B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、FeB、FeB<sub>2</sub>等を使用することができ、好ましくはB<sub>4</sub>C（炭化ホウ素）を使用する方がよい。B<sub>4</sub>C粉末の平均粒径は、1 μm以上20 μm以下とすることができる。平均粒径が20 μmより大きいと、切断時に鋸歯が直ぐに摩耗してしまう問題があり、また、平均粒径が1 μmより小さいと、これら微細B<sub>4</sub>C粉末同士で凝集が起こり易くなり、アルミニウム粉末との均一混合が非常に困難になるからである。

#### 【0032】

B<sub>4</sub>C粉末の平均粒径の好ましい範囲は、5 μm以上10 μm以下とする方がよい。10 μmより大きいと切断時に鋸歯が摩耗する虞があり、5 μmより小さいと十分な均一混合ができないからである。

#### 【0033】

次に、上記成形体の製造方法について、図2に示すフローチャートを参照して、説明する。

#### 【0034】

まず、99重量%以上の純度を持つ純アルミニウム粉末と、B量で20重量%以上40重量%以下のB又はB化合物例えばB<sub>4</sub>C粉末を用意し、これら粉末を混合機によって均一に混合する（混合工程：ステップ2-1）。混合の方法は、公知の方法でよく、例えばVブレンダー、クロスロータリーミキサー等の各種ミキサー、振動ミル、遊星ミル等を使用し所定の時間（例えば10分～6時間程度）混合すればよい。

#### 【0035】

次に、混合粉末をアルミニウム又はアルミニウム合金製容器例えばアルミニウム缶内に注入し、振動を加えるなどして粉末周囲のガス抜きを行った後、押出成形時のガス抜き小孔を設けたアルミニウム缶と同材質の蓋を溶接し、搬送時に粉末が漏れ出ないようにして押出予形材を製造する（押出予形材製造工程：ステップ2-2）。この場合、アルミニウム缶の肉厚は1～10mm程度、好ましくは4～6mm程度で、搬送に耐える強度を持たせることが望ましい。また、アルミニウム缶に注入（充填）された混合粉末の相対密度は、通常で50～80%程度とすればよい。

### 【0036】

次に、押出工程の直前に、この押出予形材を350～600℃に加熱する。この加熱によって、混合粉末の内部まで十分に温度が上がっていることが、押出工程をスムーズに行うために必要である。この加熱雰囲気は、特に限定されず、大気中、非酸化性雰囲気中（窒素ガス、アルゴンガス、真空等）を設定できる。加熱時間は押出予形材のサイズに応じて適宜設定できるが、通常0.5～30時間程度とすればよい。次に、押出予形材を押出機まで素早く搬送し、押し出し加工して（押出）成形体を成形する（押出工程：ステップ2-3）。

### 【0037】

このように、アルミニウム缶の中に注入（充填）された混合粉末を押し出し加工することによって、ダイスにはこのアルミニウム製の缶材が直接接触し、この缶材が一種の潤滑剤になって、本発明のような高濃度にB又はB化合物粉末を含む材料でも押し出しが可能になる。この押出加工によって、混合粉末は固化されて固化成形心材1となり、固化成形心材1の外表面に、アルミニウム又はアルミニウム合金製表層部2が形成される（図1参照）。この場合、成形体の厚さは約4mmであり、表層部2の厚さは、0.01mm～0.2mm程度に形成される。

### 【0038】

なお、本発明のような高濃度にB又はB化合物粉末を含む材料は冷間プレスやCIP等の成形法によって成形は可能であるが、成形体が非常に脆く、搬送中に崩壊する危険性がある。また、真空あるいは不活性ガス雰囲気中で焼結して予備成形体の強度を搬送に耐える程度に向上させるという方法もあるが、アルミニウム粉末の焼結は通常一部に液相が生じる液相焼結でない限り十分搬送に耐える強度が得られないが、本発明の場合、押出抵抗を減じるために純アルミニウムの粉末を用いており、融点が高く、かつ固液共存温度範囲がなく660℃で全て溶融してしまうため、液相焼結はできない。

### 【0039】

上記のようにして押出成形された（押出）成形体を、熱間又は冷間圧延加工し、所定の長さに切断して成形体を成形する（圧延工程：ステップ2-4）。これ

により、更に好ましい形状に加工することができる。例えば、幅130mm～140mm程度で、厚み2mm程度の板状成形体を得ることができる。

#### 【0040】

上記のようにして成形することにより、優れた強度、加工性、高熱伝導率、均一性を併せ持った信頼性の高い中性子吸収用アルミニウム成形体を得ることができる。この成形体は、使用済核燃料貯蔵容器（使用済核燃料収納用キャスク）に適用することができる。また、成形体は、使用済核燃料貯蔵容器（使用済核燃料収納用キャスク）に適用できる他に、例えば原子炉周辺部材、放射線医療機器、その他の放射線源を有する装置、核シェルター、あるいは船舶等に好適である。

#### 【0041】

##### 【実施例】

以下に、この発明の成形体の各物性値の評価実験について説明する。

#### 【0042】

##### (1) 成分

ICP発光分光分析法により、分析を行った。

#### 【0043】

##### (2) 平均粒径

商品名「マイクロトラック」を使用し、レーザー回折式粒度分布測定法により実施した。平均粒径は、体積基準メジアン径である。

#### 【0044】

##### (3) 热伝導度

レーザーフラッシュ法により行った。

#### 【0045】

##### (4) 組織観察

成形体を切断した小片を樹脂に埋め込み、エメリー研磨、バフ研磨を行なった後、光学顕微鏡、及び走査型電子顕微鏡により、B4Cの分布状態を観察した。

#### 【0046】

<実施例1>

純アルミニウム溶湯を850℃に保持し、圧縮空気（ガス圧：1 MPa）を用いたアトマイズ法により、表1に示すような純アルミニウム粉末①、及び②を作製した。また、比較例として、A5052組成のアルミニウム合金粉末を同様の方法で製作した。

### 【0047】

【表1】

	Cu	Fe	Si	Mn	Mg	Zn	Cr	Ti	Al	B4C粉重量割合 (wt%)
①純AI	TR	0.03	0.05	TR	TR	TR	TR	TR	Bal.	30
②純AI	0.01	0.05	0.09	TR	0.02	0.02	0.01	0.02	Bal.	40
③A5052	0.02	0.02	0.03	0.01	2.25	0.01	TR	0.01	Bal.	30

TRは0.01%未満 <ICP発光分光分析法による>

### 【0048】

表2に上記アトマイズ法で得られた純アルミニウム粉末の平均粒径を示す。

### 【0049】

【表2】

試料	平均粒径(μm)
①純AI	28.4
②純AI	52.6
③A5052	45.3

### 【0050】

次いで、①及び③の試料粉末に平均粒径5.5 μmのB4C粉末を30重量%（B量としては22.5重量%）、②の粉末に平均粒径7.1 μmのB4C粉末を40重量%（B量としては30.0重量%）添加し、クロスロータリーミキサーによってそれぞれ1時間混合した。この混合粉末を直径30mm、長さ100mm、肉厚1mmの純アルミニウム製の缶に充填し、これを500℃の炉中で30分間保持した後、押出比10で4mm厚×20mm幅×300mm長さの板状押出成形体を作製した。

### 【0051】

この結果、①、②の混合粉末から得られた押出材は良好な表面、及び滑らかな

エッジ形状をしていたが、③の押出材のエッジは大きなひび割れが見られた。

### 【0052】

この時得られた成形体を、300℃に加熱した後、圧延加工を行い、厚み1mの圧延成形体を得た。

### 【0053】

この成形体に曲げ加工を行なったところ、①、②は曲げ加工性が十分よいことが判った。③は直ぐに折れてしまった。

### 【0054】

また、圧延後の成形体①、②と③の熱伝導度を測定したところ、表3に示すような結果が得られた。

### 【0055】

#### 【表3】

試料	熱伝導度(W/mk)
①純AI	151
②純AI	142
③A5052	91

### 【0056】

これから、③の比較材の熱伝導率が非常に低いことが判る。

### 【0057】

更に、①、②の押出・圧延材の組成分布を光学顕微鏡、及び走査電子顕微鏡で倍率を変えて調べたところ、純Al-30重量%B4Cの成形体においては図3及び図4に示すような結果が得られ、また、純Al-40重量%B4Cの成形体においては図5及び図6に示すような結果が得られた。

### 【0058】

この結果から、B4C粉末が非常に均一に分散していることが判る。

### 【0059】

#### <実施例2>

表1の粉末3種類をそれぞれ30kgずつ用意し、直径200mm、長さ600mm、肉厚5mmの純アルミ製缶に充填し、500℃に加熱して、押出比4.5

で幅160mm、厚さ5.5mmの断面形状の板を押し出した。①、②は容易に押し出すことができたが、③は変形抵抗が大きく、押し出しができず途中で詰まってしまった。

### 【0060】

以上の結果より、この発明の成形体が中性子遮蔽効果にとって非常に重要な、B化合物の均一分散性において優れているのみでなく、熱伝導性、加工性等にも優れた効果を發揮できることが判った。

### 【0061】

#### 【発明の効果】

以上に説明したように、この発明は上記のように構成されているので、以下のような優れた効果が得られる。

### 【0062】

(1) 請求項1記載の発明によれば、99重量%以上の純度を持つ純アルミニウム粉末と、ホウ素量で20重量%以上40重量%以下のホウ素又はホウ素化合物粉末を混合することにより、ホウ素又はホウ素化合物粉末を全体に均一に分散できるので、中性子吸収能力の高い成形体を得ることができる。また、純アルミニウム粉末とホウ素又はホウ素化合物粉末を混合してなる固化成形心材の外表面に、アルミニウム又はアルミニウム合金製表層部を形成することにより、表層部に熱伝導性に優れたアルミニウム又はアルミニウム合金を被覆することができるので、熱伝導性の向上が図れる。しかも、内部の固化成形心材も表層部もアルミニウムからなるため、内部（固化成形心材）と表層部の接合部での熱伝導性の低下を防止することができるので、放熱性に優れた中性子吸収材用アルミニウム成形体を得ることができる。また、表層部がアルミニウム層で被覆されているので、溶接性の向上を図ることができる。

### 【0063】

(2) 請求項5記載の発明によれば、99重量%以上の純度を持つ純アルミニウム粉末と、ホウ素量で20重量%以上40重量%以下のホウ素又はホウ素化合物粉末を混合した後、混合した粉末をアルミニウム又はアルミニウム合金製容器に注入し、ガス抜きして押出予形材を製造することにより、硬度の高いホウ素又

はホウ素化合物の粉末（粒子）をアルミニウム又はアルミニウム合金製容器で被覆した状態で加熱・押出コンテナに挿入することができるので、ハンドリング搬送が容易となる。また、硬度の高いホウ素又はホウ素化合物の粉末（粒子）をアルミニウム又はアルミニウム合金製容器で被覆押出予形材を押し出し加工することにより、押出ダイスの摩耗を防止することができると共に、押出ダイスに直接混合粉末が付着することがない。しかも、押出成形によって内部の混合粉末（押出成形後は、固化成形心材となる）と表層部とを十分に接合することができる。したがって、密着性及び放熱性に優れた中性子吸収用アルミニウム成形体を容易に作製することができる。

#### 【0064】

（3）請求項6記載の発明によれば、上記（2）に加えて、更に押出成形された成形体に、熱間又は冷間圧延加工を行う場合においても、表層部がアルミニウム又はアルミニウム合金で被覆されているので、圧延が容易となり、圧延ロールに傷が付き難い。しかも、圧延の際に、割れが生じることがなく、圧延後の成形体は脆くなることはなく、ハンドリング搬送が容易となる。

#### 【0065】

（4）請求項4、9記載の発明によれば、純アルミニウム粉末の平均粒径を、 $20\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $30\text{ }\mu\text{m}$ 以下とし、ホウ素化合物粉末（炭化ホウ素化合物粉末）の平均粒径を $5\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $10\text{ }\mu\text{m}$ 以下とすることにより、純アルミニウム粉末の平均粒径と、ホウ素化合物粉末（炭化ホウ素化合物粉末）の平均粒径との差を少なくすることができるので、更にホウ素化合物粉末（炭化ホウ素化合物粉末）を全体に均一に分散することができ、更に密着性及び放熱性に優れた中性子吸収用アルミニウム成形体を得ることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

##### 【図1】

この発明の成形体の一例を示す断面斜視図である。

##### 【図2】

上記成形体の製造工程を示すフローチャートである。

##### 【図3】

実験試料の純A1-30重量% B4C成形体の光学顕微鏡組織の写真を示す図である。

【図4】

実験試料の純A1-30重量% B4C成形体の光学顕微鏡組織の倍率を変えた写真を示す図である。

【図5】

実験試料の純A1-40重量% B4C成形体の走査電子顕微鏡組織の写真を示す図である。

【図6】

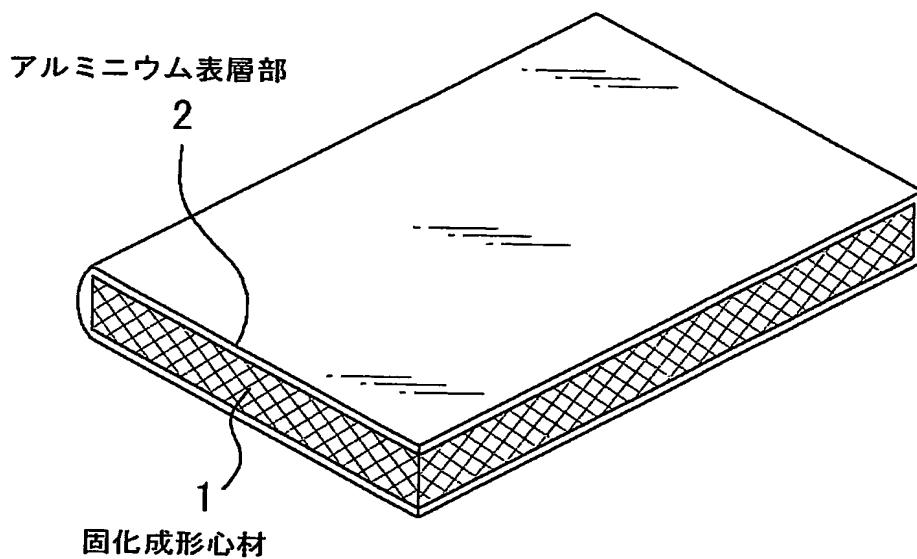
実験試料の純A1-40重量% B4C成形体の走査電子顕微鏡組織の倍率を変えた写真を示す図である。

【符号の説明】

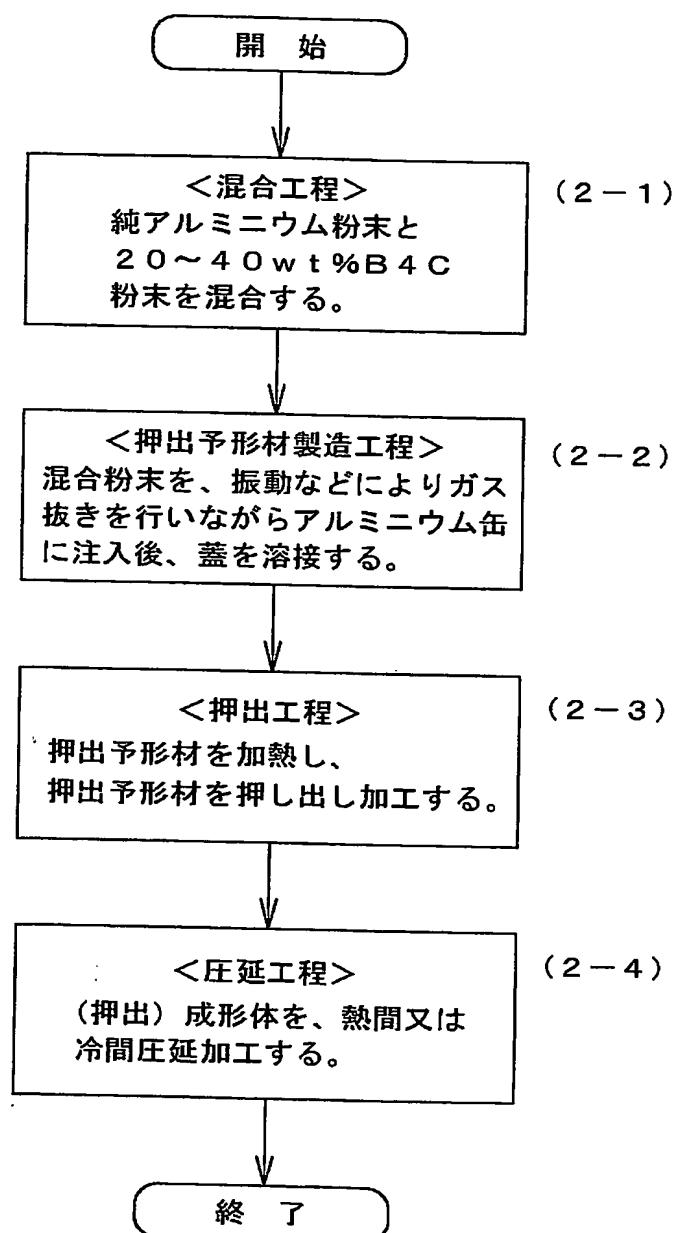
- 1 固化成形心材
- 2 アルミニウム表層部

【書類名】 図面

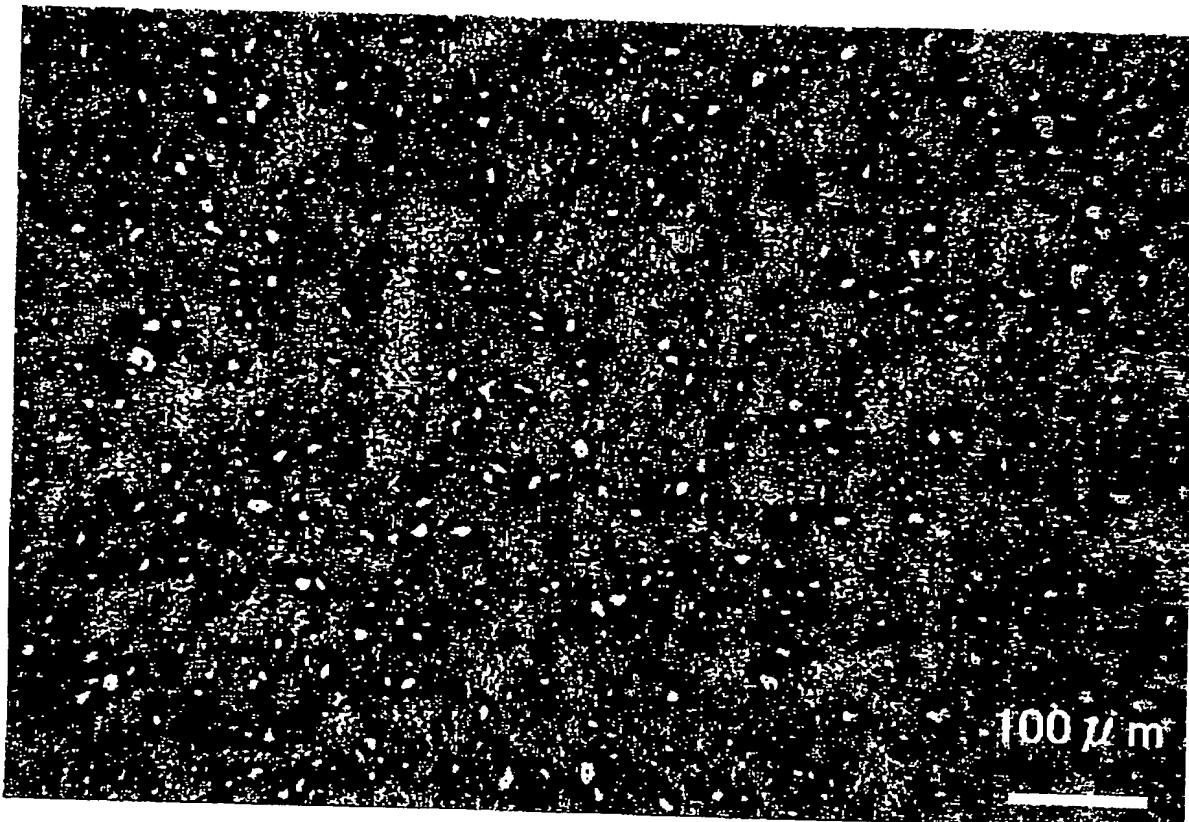
【図1】



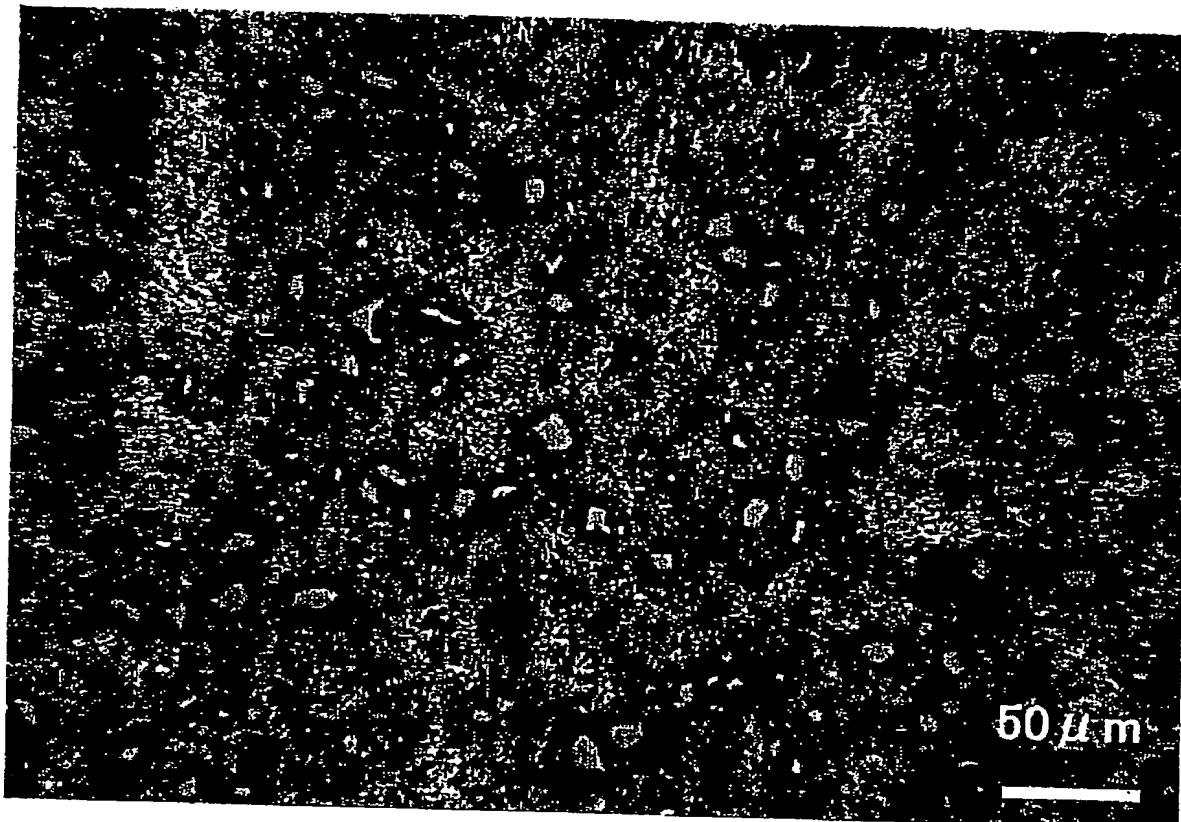
【図2】



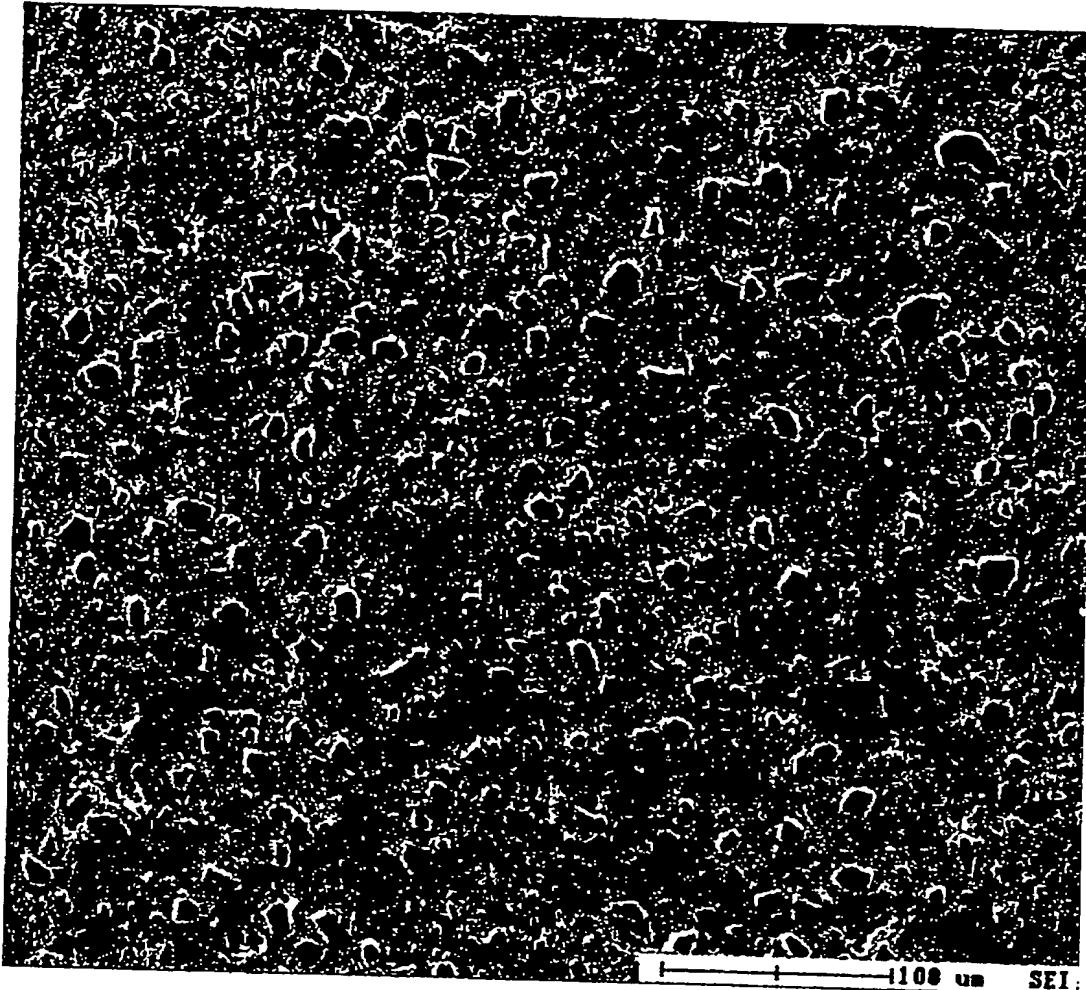
【図3】



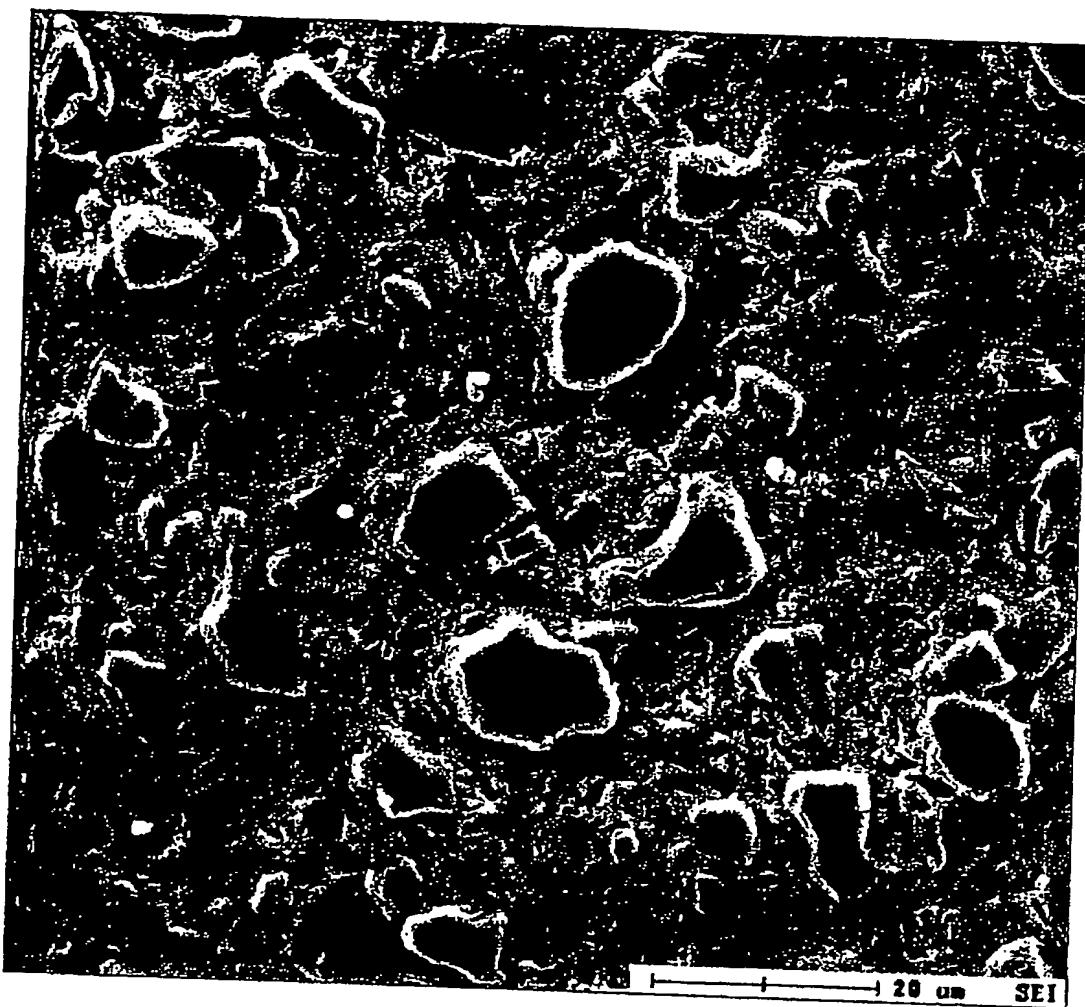
【図4】



【図5】



【図6】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 中性子吸収能力を有するホウ素又はホウ素化合物とアルミニウムとの密着が良好で、かつ放熱性に優れた中性子吸収用アルミニウム成形体を得ること。

【解決手段】 99重量%以上の純度を持つ純アルミニウム粉末と、ホウ素量で20重量%以上40重量%以下のホウ素又はホウ素化合物粉末を混合してなる固化成形心材1の外表面に、アルミニウム又はアルミニウム合金製表層部2を形成して、放熱性に優れた中性子吸収材用アルミニウム成形体を得る。

【選択図】 図1

特願2003-134828

ページ： 1

出願人履歴情報

識別番号

[000004743]

1. 変更年月日

1996年 2月13日

[変更理由]

住所変更

住 所

東京都品川区東品川二丁目2番20号

氏 名

日本軽金属株式会社

特願 2003-134828

出願人履歴情報

識別番号 [399054321]

1. 変更年月日  
[変更理由] 1999年10月 8日

名称変更

住所変更

住所 大阪府大阪市中央区久太郎町三丁目 6番 8号  
氏名 東洋アルミニウム株式会社

特願2003-134828

ページ： 3/E

出願人履歴情報

識別番号 [000005119]

1. 変更年月日  
[変更理由]

住所  
氏名  
大阪府大阪市住之江区南港北1丁目7番89号  
日立造船株式会社